

ANNEX

| | |
|---|-------------|
| ANNEX | 1 |
| A. ÍNDEX DE FIGURES | 3 |
| B. ÍNDEX DE TAULES | 5 |
| C. FITXA TÈCNICA DEL MOTOR | 7 |
| D. CORBA DE POTÈNCIA I PAR DEL MOTOR | 8 |
| E. FULLA DE PARÀMETRES DEL CAT-01 | 9 |
| F. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓ | 14 |
| G. CÀLCULS | 17 |
| G.1. Brida de l'admissió..... | 17 |
| G.2. Tub d'escapament..... | 19 |
| H. PRESSUPOST DEL PROJECTE | 21 |
| H.1. Costos de personal..... | 21 |
| H.2. Components fabricats..... | 21 |
| H.3. Components comprats..... | 23 |
| H.4. Cost total de l'àrea de motor..... | 23 |
| H.5. Cost total del projecte..... | 23 |
| I. RECULL FOTOGRÀFIC | 24 |
| I.1. Imatges en Cad..... | 213 |
| I.2. Fabricació i compra dels components..... | 215 |
| I.3. Muntatge, set-up i proves..... | 217 |
| I.4. Presentació..... | 219 |
| I.5. Silverstone..... | 30 |
| I.6. Hockenheim..... | 31 |
| J. MANTENIMENT | 33 |
| K. PLÀNOLS | 3425 |





A. ÍNDEX DE FIGURES

| | |
|---|----|
| Fig. D.1 Corba de potència i par de la Suzuki GSX R600 (2003) | 8 |
| Fig. F.1 Diagrama de distribució | 15 |
| Fig. I.1 Col·lector i brida d'admissió. | 24 |
| Fig. I.2 Col·lector d'escapament | 24 |
| Fig. I.3 Dipòsit de combustible. | 24 |
| Fig. I.4 Motor i admissió muntats al xassís | 24 |
| Fig. I.5 Vista posterior del motor en el xassís | 25 |
| Fig. I.6 Muntatge complet del CAT-01. | 25 |
| Fig. I.7 Muntatge intern del CAT-01. | 25 |
| Fig. I.8 Motlles del col·lector d'admissió. | 26 |
| Fig. I.9 Peces de l'admissió de fibra de carboni. | 26 |
| Fig. I.10 Unió de les peces de l'admissió. | 26 |
| Fig. I.11 Construcció del tub d'escapament. | 26 |
| Fig. I.12 Tub d'escapament. | 26 |
| Fig. I.13 Col·lector d'admissió | 27 |
| Fig. I.14 Soldar punts d'anclatge al xassís. | 27 |
| Fig. I.15 Maqueta de fusta i estructura metàl·lica | 27 |
| Fig. I.16 Motor | 27 |
| Fig. I.17 Pintar l'estructura metàl·lica. | 27 |
| Fig. I.18 Tub d'escapament i motor. | 28 |
| Fig. I.19 Rampa d'injectors i col·lector d'admissió. | 28 |



| | |
|--|----|
| Fig. I.20 Tot el muntatge | 28 |
| Fig. I.21 Motor, escapament i admissió. | 28 |
| Fig. I.22 Primeres proves d'encesa. | 29 |
| Fig. I.23 Primeres proves de funcionament. | 29 |
| Fig. I.24 Set-up del CAT-01; pesos, caigudes i alineació | 29 |
| Fig. I.25 Dia de la presentació. | 30 |
| Fig. I.26 Rafael Boronat presentant l'equip | 30 |
| Fig. I.27 Montmeló davant la premsa. | 30 |
| Fig. I.28 Circuit de Catalunya. | 30 |
| Fig. I.29 Presentació oficial a l'ETSEIB | 30 |
| Fig. I.30 Scrutineering | 31 |
| Fig. I.31 Noise test. | 31 |
| Fig. I.32 Tilt test. | 31 |
| Fig. I.33 Brake test. | 31 |
| Fig. I.34 Sprint | 31 |
| Fig. I.35 Causa de la retirada. | 31 |
| Fig. I.36 Acceleració | 32 |
| Fig. I.37 Prova del vuit (Skid-Pad). | 32 |
| Fig. I.38 Endurance | 32 |
| Fig. I.39 Última volta del endurance. | 32 |
| Fig. I.40 Final del endurance | 32 |
| Fig. I.41 Objectiu complert. | 32 |



B. ÍNDEX DE TAULES

| | |
|---|----|
| Taula C.1 Fitxa tècnica de la Suzuki GSX R600 (2003). | 7 |
| Taula E.1 <i>Specification sheet</i> Formula Student 2008. | 13 |
| Taula F.1 Cotes de distribució d'alguns motors | 15 |
| Taula G.1 Cabal d'omplerta dels cilindres en funció del règim de gir. | 18 |
| Taula G.2 Longitud dels tubs del col·lector d'escapament en funció del règim de gir | 20 |
| Taula H.1 Costos de personal | 21 |
| Taula H.2 Cost del col·lector d'escapament | 22 |
| Taula H.3 Cost del dipòsit de combustible | 22 |
| Taula H.4 Cost del col·lector d'admissió. | 22 |
| Taula H.5 Cost total dels components fabricats. | 22 |
| Taula H.6 Cost dels components comprats | 23 |
| Taula H.7 Cost total de l'àrea de motor | 23 |
| Taula H.8 Cost total del projecte. | 23 |
| Taula K.1 Llistat de plànols. | 34 |





C. FITXA TÈCNICA DEL MOTOR

Les característiques tècniques d'aquest motor extretes del manual són les següents:

| Motor | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Tipus de motor | 4 cilindres en línia 4T |
| Cilindrada | 599 cc |
| Diàmetre | 67,0 mm |
| Carrera | 42,5 mm |
| Rel. de compressió | 12,2 : 1 |
| Embragatge | Multi disc en bany d'oli |
| Caixa de canvis | Seqüencial de 6 velocitats |
| Transmissió | Per cadena |
| Vàlvules | |
| Diàmetre admissió | 27,2 mm |
| Diàmetre escapament | 22 mm |
| Avanç Obertura Admissió (AAA) | 25º abans PMS |
| Retràs Tancament Admissió (RTA) | 43º després PMI |
| Avanç Obertura Escapament (AAE) | 40º abans PMI |
| Retràs Tancament Escapament (RTE) | 20º després PMS |
| Característiques | |
| Potència Màxima | 103 cv a 12800 rpm |
| Parell Màxim | 64 Nm a 10100 rpm |
| Rati potència / pes | 0,71 cv per kg |
| Velocitat Màxima | 257 km/h |
| Pes en buit | 163 kg |
| Consum mig | 7,8 l / 100 km |

Taula. C.1. Fitxa tècnica de la Suzuki GSX R600 (2003) (*)

La resta d'informació sobre el motor està reflectida en el manual Haynes.

(*)PHIL MATHER, *Suzuki GSX-R600, GSX-R750 and GSX-R1000 Service and Repair Manual*, Haynes, 2006.



D. CORBA DE POTÈNCIA I PAR DEL MOTOR

De la mateixa manera disposem d'una corba de potència i par extreta directament del manual de la moto:

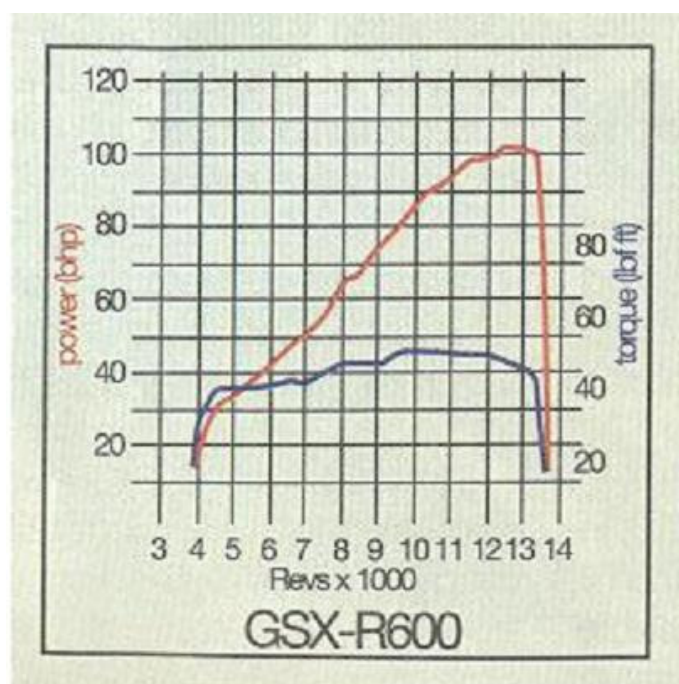


Fig. D.1. Corba de potència i par de la Suzuki GSX R600 (2003) (*)

(*)PHIL MATHER, *Suzuki GSX-R600, GSX-R750 and GSX-R1000 Service and Repair Manual*, Haynes, 2006.



E. FULLA DE PARÀMETRES DEL CAT-01

| | |
|-------------------|---|
| Car/Class | 57 / Class 1 |
| University | Universitat Politècnica de Catalunya – ETSEIB |

| Dimensions | Front | Rear |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Overall Length, Width, Height | 2734mm, 1378mm, 1253mm | |
| Wheelbase | 1593mm | |
| Track | 1175 mm | 1175 mm |
| Weight with 68kg driver | 143 kg (full wet car weight) | 175 kg (full wet car weight) |

| Suspension Parameters | Front | Rear |
|--|---|---|
| Suspension Type | Unequal length A-Arms. Push rod actuated Ollé spring/damper units | Unequal length A-Arms. Push rod actuated Ollé spring/damper units |
| Tyre Size and Compound Type | 20.5x7.0-13 R25A Hoosier | 20.5x7.0-13 R25A Hoosier |
| Wheels | Braid alloy 13" x 7.0" – 31 mm offset | Braid alloy 13" x 7.0" – 31 mm offset |
| Design ride height (chassis to ground) | 55 mm (to floor); 58mm (to chassis) | 30mm (to floor); 103mm (to chassis) |
| Centre of Gravity Design Height | 250 mm above ground, with driver | |
| Suspension design travel | 30 mm bump/ 30 mm droop | 30 mm bump/ 30 mm droop |
| Wheel rate (chassis to wheel centre) | 14.7 N/mm | 14.1 N/mm |
| Roll rate (chassis to wheel centre) | 1.4° / g, with anti-roll bars | |
| Sprung mass natural frequency | 2.4 Hz | 2.1 Hz |
| Jounce Damping | 50% of critical damping at - 132 mm/sec | 43% of critical damping at - 132 mm/sec |
| Rebound Damping | 95% of critical damping at 127 mm/sec | 119% of critical damping at 127 mm/sec |
| Motion ratio | 1.25:1 => 1.12:1 | 1.16:1 => 1.10:1 |



| | | |
|--|--|--|
| | (droop=>bump) | (droop=>bump) |
| Camber coefficient in bump (deg / cm) | 0.33° / cm | 0.25° / cm |
| Camber coefficient in roll (deg / deg) | 0.658 deg/deg | 0.744 deg/deg |
| Static Toe and adjustment method | 0,5° toe out 10rea10i10ble by tie rods | 0,5° toe in 10rea10i10ble by tie rods |
| Static camber and adjustment method | 2° neg 10rea10i10ble by upper out ball joint and nut | 2° neg 10rea10i10ble by upper out ball joint and nut |
| Front Caster and adjustment method | 6° pos. adjustable with movable inner ball joint locations | |
| Front Kingpin Axis | 7° pos. adjustable by upper out ball joint and nut | |
| Kingpin offset and trail | 25 mm offset, 26 mm | |
| Static Akermann and adjustment method | 2 adjustments: 40% / 65%. | |
| Anti dive / Anti Squat | 31%, without adjustable method | 15%, without adjustable method |
| Roll center position static | 35 mm above ground, CL of car | 60 mm above ground, CL of car |
| Roll center position at 1g lateral acc | 26,1mm above ground, moves 0,65 mm toward outside wheel | 50,2 mm above ground, moves 1,22 mm toward inner wheel |
| Steer location, Gear ratio, Steer Arm Length | Front wheel steer, behind axle line, 12:1, 90mm | |

| Brake System / Hub & Axle | Front | Rear |
|---------------------------|--|---|
| Rotors | Cast iron, purchased 220mm diam. X 4 thickness. Hub mounted. | Cast iron, purchased 220 mm diam. X 4 thickness. Hub mounted. |
| Master Cylinder | Mechanical bias bar for base balance. 2 master cylinders 13 mm diam. | |
| Calipers | 2 x Brembo with 2 piston calipers of 38 mm diam. | 2 x AJP with 2 piston calipers of 32 mm diam. |
| Hub Bearings | SKF 6206-2RS1 Tapered roller bearings | Timken bearing automotive model |



| | | |
|-------------------------------|--|---|
| Upright Assembly | 7075 T6 Aluminium, CNC machined, integral caliper mount by 2 bolts | 7075 T6 Aluminium, CNC machined, integral caliper |
| Axle type, size, and material | Fixed spindle, 30mm diam., 7075 T6 aluminium CNC. | Rotating axle shaft, Steel St-52 Ø32x5mm. |

| | |
|--|---|
| Ergonomics | |
| Driver Size Adjustments | Fixed steering wheel and customized seat. Pedal box adjust fore and aft 120mm |
| Seat (materials, padding) | Customized seat. Expanding foam + plastic coating |
| Driver Visibility (angle of side view, mirrors?) | 115° visibility each side from straight ahead. No mirrors required |
| Shift Actuator (type, location) | Manually actuated lever. Solid linkage, right side cockpit. |
| Clutch Actuator (type, location) | Foot pedal, cable actuated |
| Instrumentation | Modified original Suzuki GSXR-600 dash, mounted on the front hoop rear steering wheel. Gear changing LED and gear indicator |

| | |
|---|---|
| Frame | |
| Frame Construction | Steel tube space frame with glued carbon fibre floor panels |
| Material | Alloy Steel Tube DUCAL St-52 DIN 2391-BK |
| Joining method and material | MIG welded |
| Targets (Torsional Stiffness or other) | 2500 Nm/ deg torsion, |
| Torsional stiffness and validation method | FEA 2550 Nm/deg |
| Bare frame weight with brackets and paint | 42kg (frame only), 59kg (including supports and paint) |
| Crush zone material | Aluminium Honeycomb |
| Crush zone length | 250mm |
| Crush zone energy capacity | 7350J |



| Powertrain | |
|--|---|
| Manufacture / Model | 2003 Suzuki GSXR-600 |
| Bore / Stroke / Cylinders / Displacement | 67 x 42,5 mm / 4 cylinders / 599 cc |
| Compression ratio | 12.2 :1 |
| Induction | Atmospheric induction |
| Fuel Type | 98 octane petrol (Shell Optimax) |
| Max Power design RPM | 11000 |
| Max Torque design RPM | 7700 |
| Min RPM for 80% max torque | 5000 |
| Fuel System (manf'r) | Student designed/built fuel injection system using DTA S60 Pro ECU |
| Fuel System Sensors | Magnetic crank trigger, Water temp, Air temp, Air pressure, Throttle Pos. |
| Fuel Pressure | 2.97 bars |
| Injector location | One injector mounted on each inlet track, 100 mm (approx) from valves |
| Intake Plenum volume | 1200 cc |
| Effective Intake Runner Length | 1200 mm |
| Exhaust header design | 4-2-1 redesigned steel exhaust manifold |
| Effective Exhaust runner length | 4-2 (500 mm), 2-1 (100 mm), 1- end (600mm) (1200 mm) total |
| Ignition Timing | Digitally programmed by engine management system |
| Oiling System (wet/dry sump, mods) | Wet sump, 1 pressure pump (original 12rea12i) |
| Coolant System and Radiator location | Twin side pod mounted radiators with controlled electric fans |
| Fuel Tank Location, Type | Floor mounted between firewall and engine, aluminum tank fuel |
| Muffler | Akrapovic racing edition for 600cc engines |



| Drivetrain | |
|--|--|
| Drive Type | Chain #530 |
| Differential Type | Quaife differential QDF7Z |
| Final Drive Ratio | 3.64 |
| Vehicle Speed @ max power (design) rpm | Using maximum power at 11.000rpm and drive train ratio of 3.64 |
| 1st gear | 45 km/h |
| 2nd gear | 63 km/h |
| 3rd gear | 79 km/h |
| 4th gear | 92 km/h |
| 5th gear | 105 km/h |
| 6th gear | 138 Km/h – note that final ratios to be determined after testing |
| Half shaft size and material | Tube type 32mm exterior diam, 5mm thickness. ST-52 steel |
| Joint type | Trippod type in differential side and rezzpa type in wheel side |

| Aerodynamics (if applicable) | |
|--|--|
| Front Wing (lift/drag coef., material, weight) | N/A |
| Rear Wing (lift/drag coef., material, weight) | N/A |
| Undertray (downforce/speed) | 35kg at 65km/h (estimated); CFD analysis currently ongoing |
| Wing mounting | N/A |

Taula. E.1. *Specification sheet* Formula Student 2008.


F. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓ

En un motor de cicle OTTO de quatre temps, les vàlvules d'admissió i escapament no s'obren i es tanquen en els punts ideals o teòrics, sinó que en realitat hi ha un cert desfasament entre el punt teòric i el punt real, ja que la obertura i tancament de les vàlvules no es instantani, perquè això comportaria acceleracions infinites en l'arbre de lleves.

Aquest desfasament queda reflectit en el diagrama de distribució, que es propi i diferent per a cada motor. El seu objectiu és millorar l'omplerta i el buidat del cilindre,

En aquest diagrama queden reflectits els següents paràmetres:

- **RTA: Retard Tancament Admissió.** En teoria la vàlvula d'admissió s'hauria de tancar just després d'acabar la fase d'admissió, en el Punt Mort Inferior (PMI) i abans de que comenci la fase de compressió, però en realitat el tancament es produeix després del PMI. L'objectiu d'aquest retard és maximitzar l'omplerta del cilindre, ja que aprofita l'efecte inercial dels gasos en el col·lector d'admissió per a acabar d'omplir el cilindre quan el pistó està en el PMI.
- **RTE: Retard Tancament Escapament.** En teoria la vàlvula d'escapament s'hauria de tancar just després d'acabar la fase d'escapament, en el (PMS) i abans de que comenci la fase d'admissió, però en realitat el tancament es produeix després del PMS. L'objectiu d'aquest retard és maximitzar el buidament del cilindre, ja que aprofita l'efecte inercial dels gasos sortint del cilindre per a acabar de buidar el cilindre quan el pistó està en el PMS.
- **AAA: Avanç Obertura Admissió.** En teoria la vàlvula d'admissió s'hauria d'obrir just després d'acabar la fase d'escapament, en el PMS i abans de que comenci la fase d'admissió, però en realitat l'obertura es produeix abans del PMS. L'objectiu d'aquest avanç és facilitar l'omplerta del cilindre, ja que aprofita l'efecte inercial dels gasos cremats sortint del cilindre que arrossegueu els gasos d'admissió i ajuden a l'omplerta del cilindre quan el pistó està en el PMS.
- **AAE: Avanç Obertura Escapament.** En teoria la vàlvula d'escapament s'hauria d'obrir just després d'acabar la fase d'expansió, en el PMI i abans de que comenci la fase d'escapament, però en realitat l'obertura es produeix abans del PMI. L'objectiu d'aquest avanç és facilitar el buidament del cilindre, i també disminuir la gran pressió que hi ha dels gasos cremats, amb la qual cosa el pistó quan comenci a pujar no trobarà pressió en la seva contra dels gasos que ha de treure.



Aquests diferents avançaments i retards configuren el que s'anomena com diagrama de distribució, reflectit en la següent figura.

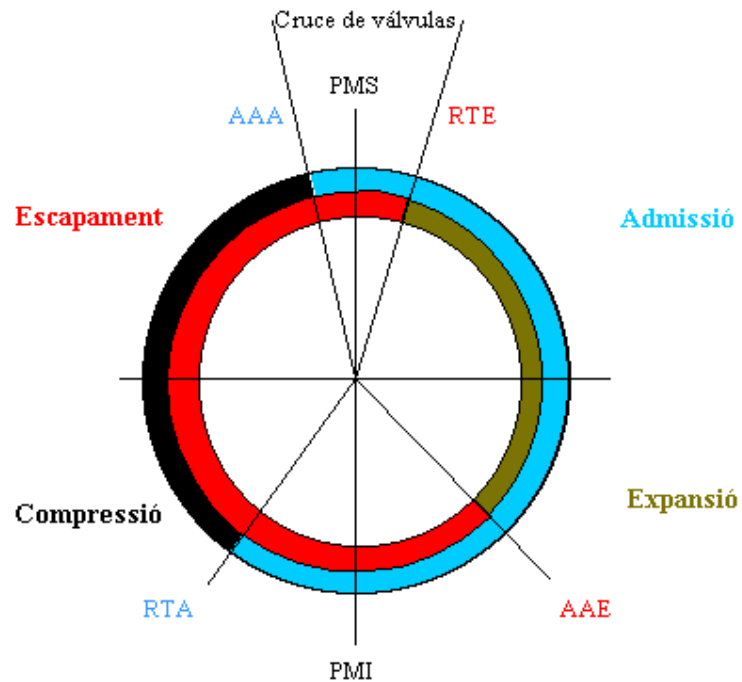


Fig. F.1. Diagrama de distribució

A la Taula F.1 es poden veure les cotes de distribució més habituals per a alguns motors:

| COTES DE DISTRIBUCIÓ | | AAA | RTA | AAE | RTE | Creuament de vàlvules (AAA+RTE) |
|--------------------------|-------------|----------|----------|----------|---------|---------------------------------|
| Motors OTTO 4T (general) | Motor lent | 10 - 20° | 30 - 40° | 35 - 50° | 0 - 10° | 10 - 30° |
| | Motor ràpid | 10 - 30° | 40 - 60° | 40 - 60° | 5 - 30° | 15 - 60° |
| | R5 GTL | 12° | 48° | 52° | 8° | 20° |
| | R5 Alpine | 30° | 72° | 72° | 30° | 60° |
| | SEAT 127 | 25° | 51° | 64° | 12° | 37° |
| DIESEL | MEC Atm. | 10° 30' | 37° 30' | 45° 30' | 10° 30' | 21° |

Taula. F.1. Cotes de distribució d'alguns motors



Hi ha dos tipus de motors en funció de la seva distribució:

- Asimètrics: són els que tenen el creuament de vàlvules asimètric, és a dir tenen un AAA diferent del RTE, i per tant el creuament de vàlvules no és simètric respecte la vertical.
- Simètrics: són els que tenen el creuament de vàlvules simètric, és a dir tenen un AAA igual al RTE, i per tant el creuament de vàlvules és simètric respecte la vertical.

Quan majors siguin els angles AAA i RTE més ràpid es el motor, ja que facilita un buidat complert dels gasos cremats i una entrada ràpida dels gasos frescos. Així doncs, augmentant el creuament de vàlvules aconseguim un motor més “ràpid” a altes revolucions. En canvi a baixes voltes no funcionarà tan bé ja que part dels gasos frescos s’escaparan per l’escapament, amb la qual cosa la força d’explosió serà menor i amb això el parell motor i la potència.

En els motors més lents és habitual tenir un creuament de vàlvules petit, al voltant dels 23 graus. Funcionarà molt bé a baixes voltes però no a altes. I al contrari en un motor ràpid és habitual tenir un creuament de vàlvules al voltant dels 35 graus o superior.

En el motor del CAT-01, tal i com es veu a l’apartat C d’aquest annex tenim un AAA de 25° i un RTE de 20°, amb un corresponent creuament de vàlvules de 45°, per tant és pot considerar un motor ràpid, fet que faci que funcioni molt bé a altes revolucions i no tant bé a baixes revolucions. Aquest fet es pot comprovar fàcilment als apartats C i D d’aquesta mateixa memòria, ja que veiem que per sota de 6000 rpm no arriba als 40 cv de potència, i treu els règims de par màxim i de potència màxima a uns règims molt elevats, superiors a 10000 rpm.



G. CÀLCULS

G.1. Brida de l'admissió

En aquesta part el que s'intenta calcular és l'efecte que té la brida sobre el nostre motor, per tal de saber si ens limitarà molt la potència o no.

Sabem que el motor succiona l'aire a una certa velocitat, i el punt crític o restricció es la mateixa brida de l'admissió ja que fa l'efecte de coll d'ampolla. Aquest punt es col·lapsarà quan la velocitat en que l'aire passa per aquest punt sigui igual a la velocitat de Mach 1.

Per tant a partir d'aquest punt, la brida es col·lapsarà i ja no hi podrà entrar més aire, per molt més que el motor en demani. Això a efectes de potència i parell motor el que comporta és que el parell a partir d'aquest règim de gir vagi disminuint, i la potència és mantingui constant.

Per a calcular el punt de col·lapse de la brida partim de les següents dades:

- La velocitat de col·lapse o de Mach 1 per a aire en temperatura ambient es de 340 m/s.
- El diàmetre de la brida és circular de 20 mm.

Amb aquestes dades calculem la secció, que és de 314,16 mm², i per tant obtenim un cabal de 0,1068 m³ / segon, o el que és el mateix 384,53 m³ / hora.

Sabem el cabal d'entrada màxim per la brida i la cilindrada (599 cc).

Tenint en compte que es un motor 4 temps, i per tant realitza una omplerta de cilindre cada dues revolucions. Els motors 2 temps són els que realitzen una omplerta de cilindre cada revolució. Per tant en aquest cas el règim d'omplerta del cilindre és la meitat del règim de gir.

El cabal d'omplerta dels cilindres o l'aire que necessita el motor per donar les prestacions òptimes s'obté de la següent formula:

$$Cab\text{al omplerta} [m^3/s] = \frac{[R\grave{e}gim\ omplerta\ cilindre\ [rpm] \cdot \frac{[60\ s]}{min} \cdot Cilindrada\ [cm^3]]}{[\frac{[1000000\ cm^3]}{m^3}]}$$

(Ec. G.1)



Sabent totes les dades anteriors, podem calcular la taula G.1:

| Règim de gir (rpm) | Règim omplerta cilindre * (rpm) | Cabal omplerta cilindres (m3/h) |
|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1000 | 500 | 17,97 |
| 2000 | 1000 | 35,94 |
| 3000 | 1500 | 53,91 |
| 4000 | 2000 | 71,88 |
| 5000 | 2500 | 89,85 |
| 6000 | 3000 | 107,82 |
| 7000 | 3500 | 125,79 |
| 8000 | 4000 | 143,76 |
| 9000 | 4500 | 161,73 |
| 10000 | 5000 | 179,70 |
| 11000 | 5500 | 197,67 |
| 12000 | 6000 | 215,64 |
| 13000 | 6500 | 233,61 |
| 14000 | 7000 | 251,58 |
| 15000 | 7500 | 269,55 |

Taula. G.1. Cabal d'omplerta dels cilindres en funció del règim de gir

Com podem veure en la taula, el cabal que havíem calculat per tal de col·lapsar la brida (de 384,53 m³ / hora) no es veu reflectit en aquesta taula, això vol dir que no ens afecta al nostre motor, ja que el límit màxim de treball del nostre motor es de 14000 rpm tal i com es pot veure a la figura E.1.

Fent l'operació inversa a l'actual, és a dir a partir d'un cabal (el de 384,53 m³ / hora) calculant el règim de gir que col·lapsa ens dona un resultat de 21398 rpm. Això significa que fins a aquest règim de gir l'efecte de la brida és nul, perquè el motor disposa sempre de la quantitat d'aire necessari fins a assolir el seu règim de gir màxim de 14000 rpm, ja que no troba cap estrangulament o coll d'ampolla suficient per tal de limitar aquest cabal.



G.2. Tub d'escapament

En aquesta part el que s'intenta calcular és la longitud òptima dels tubs del col·lector d'escapament per tal d'aprofitar al màxim el fenomen de reflexió d'ones explicat en l'apartat 12.3 de la memòria d'aquest projecte, fent cas al procediment segons l'apartat 12.4 de la mateixa memòria del projecte.

Disposem en un principi de les següents dades:

Avanç Obertura Admissió (AAA): 25°

Avanç Obertura Escapament (AAE): 40°

Temperatura mitjana dels gasos en el col·lector d'escapament: 200°C

Amb aquestes dades podem calcular:

α_e (diferència angular entre l'obertura de l'escapament i l'obertura de la admissió)

$$\alpha_e = AAE + 180 - AAA = 40 + 180 - 25 = 195^\circ$$

C_{pr} (velocitat mitjana de propagació de l'ona) Sabent que a temperatura igual a 0° C, la velocitat mitjana de propagació de l'ona és de 331 m/s i que cada grau centígrad que augmenta la temperatura la velocitat augmenta 0,6 m/s.

$$C_{pr} = 331 + 0,6 \times 200 = 451 \text{ m/s}$$

Amb aquestes dues i segons l'equació 12.3 de la memòria:

$$L = \frac{[C_{pr} \cdot \alpha_e]}{[4 \cdot \pi \cdot n]} \quad (\text{Ec. G.1})$$

Podem elaborar una taula (taula G.2) amb la qual quedi reflectida la longitud de cada tub en funció del règim de gir del motor.



| Règim de gir (rev/min) | Longitud del Tub (m) | Longitud del tub (cm) |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1000 | 7,00 | 6998 |
| 2000 | 3,50 | 3499 |
| 3000 | 2,33 | 2333 |
| 4000 | 1,75 | 1750 |
| 5000 | 1,40 | 1400 |
| 6000 | 1,17 | 1166 |
| 7000 | 1,00 | 1000 |
| 8000 | 0,87 | 875 |
| 9000 | 0,78 | 778 |
| 10000 | 0,70 | 700 |
| 11000 | 0,64 | 636 |
| 12000 | 0,58 | 583 |
| 13000 | 0,54 | 538 |
| 14000 | 0,50 | 500 |
| 15000 | 0,47 | 467 |

Taula. G.2.Longitud dels tubs del col·lector d'escapament en funció del règim de gir.

Tal i com s'explica a la memòria en l'apartat 13.7.1. optimitzem el nostre motor a dos règims de gir diferents: 10000 i 12000 rpm, això implica unes longituds de tub de 700 i de 583 mm. Que s'han fet de 700 i de 580 mm.

Això significa que des de la sortida del bloc motor fins a la unió dels 4 tubs en 2 farà 580 cm (punt que serà òptim per a un règim de gir igual a 12000 rpm), i des de la unió dels dos tubs fins a la unió amb un sol tub (2 a 1) hi haurà 120 cm (700-580) (punt que serà òptim per a un règim de gir igual a 10.000 rpm).



H. PRESSUPOST DEL PROJECTE

En aquest apartat està detallat el cost de l'estudi i fabricació del projecte. Aquest pressupost considera el cost de fabricació d'un prototip d'avaluació, tal i com considera la normativa de la *Formula Student*. Cal destacar que, durant la fabricació del procés, molts dels components comptabilitzats al pressupost han estat donats per les empreses que esponsoritzen el projecte, reduint així en gran mesura el cost real d'aquest. També cal aclarir que, si es decidís fer una sèrie basada en el prototip, tots els costos es podrien veure reduïts, utilitzant els descomptes per compres a l'engròs, amortitzant els costos de personal i utilitzant sistemes de fabricació més automatitzats.

H.1. Costos de personal

S'inclouen també les despeses que suposa la dedicació d'un enginyer, tenint en compte també la col·laboració d'un delineant desenvolupant la part de disseny amb CAD del projecte, tenint en compte l'estudi previ, el disseny dels components, la gestió del projecte, el muntatge i la pròpia competició. Es suposa us sou d'enginyer de 50 € / hora. A més es considera el treball realitzat per un mecànic, encarregat del muntatge i d'un soldador, per a soldar els ancoratges de totes les parts. El cost per hora d'aquests es valora en 30 € /hora.

| Tasca | Peronal | Cost [€/h] | Temps [h] | Cost Total [€] |
|----------------------------|-----------|------------|-----------|----------------|
| Disseny i càlcul | Enginyer | 50 | 300 | 15000 |
| Dibuix CAD | Delineant | 30 | 100 | 3000 |
| Soldadura al xassís | Soldador | 30 | 12 | 360 |
| Muntatge conjunt | Mecànic | 30 | 40 | 1200 |
| Cost total personal | | | | 19560 |

Taula. H.1. Costos de personal

H.2. Components fabricats

En aquest apartat es consideren tots aquells components que per la seva complexitat han requerit ser fets a mida i ser mecanitzats. No totes les peces han estat mecanitzades en la mateixa empresa. En aquest, es consideren tots els processos que requereixen la fabricació d'aquesta peça.



Col·lector d'escapament

| Part | Cost [€/h] | Temps [h] | Cost Total [€] |
|---|-------------------|------------------|-----------------------|
| Comprar tubs | | | 150 |
| Tallar i doblar | 30 | 16 | 480 |
| Soldar | 30 | 30 | 900 |
| Cost total col·lector d'escapament | | | 1530 |

Taula. H.2. Cost del col·lector d'escapament

Dipòsit de combustible

| Part | Cost [€/h] | Temps [h] | Cost Total [€] |
|--|-------------------|------------------|-----------------------|
| Comprar xapa i tubs alumini | | | 100 |
| Tallar | 30 | 6 | 180 |
| Soldar | 30 | 30 | 900 |
| Cost total dipòsit de combustible | | | 1180 |

Taula. H.3. Cost del dipòsit de combustible

Col·lector d'admissió

| Part | Cost [€/h] | Cost Total [€] |
|---|-------------------|-----------------------|
| Motlles alumini | 2100 | 2100 |
| Suport injectors | 830 | 830 |
| 4 col·lectors petits | 22 | 88 |
| Caixa d'aire | 65 | 65 |
| Trompeta | 45 | 45 |
| Brida admissió | 280 | 280 |
| Cost total del col·lector d'admissió | | 3408 |

Taula. H.4. Cost del col·lector d'admissió

| Part | Cost [€] |
|--|-----------------|
| Col·lector d'escapament | 1530 |
| Dipòsit de combustible | 1180 |
| Col·lector d'admissió | 3408 |
| Cost total components fabricats | 6118 |

Taula. H.5. Cost total dels components fabricats



H.3. Components comprats

| Components comprats | Referència | Cost [€] |
|---------------------------------------|---|---------------|
| Motor | Suzuki GSX R600 | 1800 |
| Cos actuator del gas | Jenvey ST35/0/0 Single 2-bolt Body | 159,9 |
| Silenciador | Akrapovic | 595 |
| Radiadors | De cotxe amb 1 entrada i 1 sortida (500 cm ²) | 420 |
| Ventiladors | Original Suzuki | 340 |
| Tubs refrigeració | Tub de cautxú sintètic | 72 |
| Tubs sist. Combustible | Tub especial per a carburants | 6 |
| Vas expansió | Original Suzuki d'1litre de capacitat | 22 |
| Oli lubricant | Motul SAE 10W 40 | 65 |
| Cargolam i abraçadores | Varis | 70 |
| Cost total components comprats | | 3414,9 |

Taula. H.6. Cost dels components comprats

H.4. Cost total de l'àrea de motor

| Cost total àrea motor | Cost [€] |
|---------------------------------|----------------|
| Cost total personal | 19560 |
| Cost total components fabricats | 6118 |
| Cost total components comprats | 3414,9 |
| Cost total | 29092,9 |

Taula. H.7. Cost total de l'àrea de motor

H.5. Cost total del projecte

| Cost total del projecte | Cost [€] |
|---------------------------------|-----------------|
| Total previ de costos | 29092,90 |
| Costos indirectes (5%) | 1454,65 |
| Subtotal 1 | 30547,55 |
| Impostos Valor Afegit (IVA 16%) | 4887,61 |
| Subtotal 2 | 35435,15 |
| Benefici industrial (13%) | 4606,57 |
| Subtotal 3 | 40041,72 |
| Benefici propi (3000 €) | 3000,00 |
| TOTAL | 43041,72 |

Taula. H.8. Cost total del projecte



I. RECULL FOTOGRÀFIC

I.1 Imatges en CAD

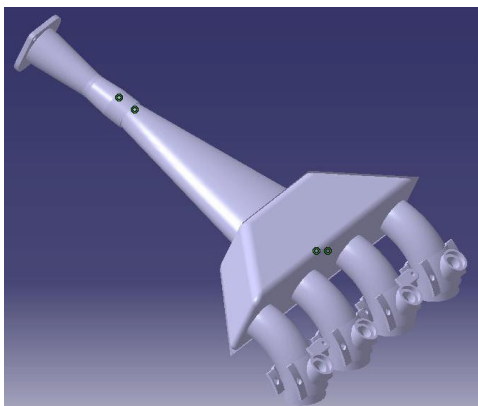


Fig. I.1. Col·lector i brida d'admissió

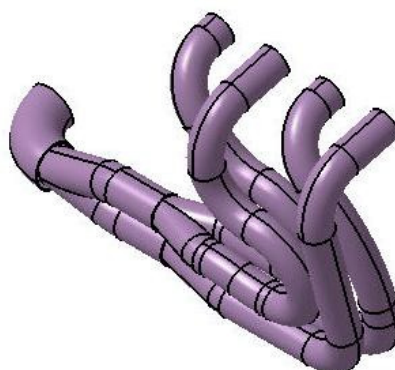


Fig. I.2. Col·lector d'escapament

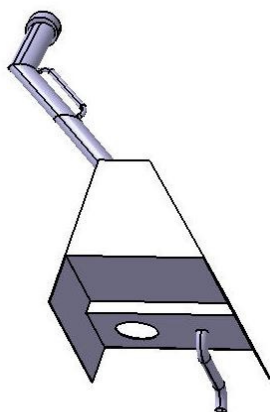


Fig. I.3. Dipòsit de combustible

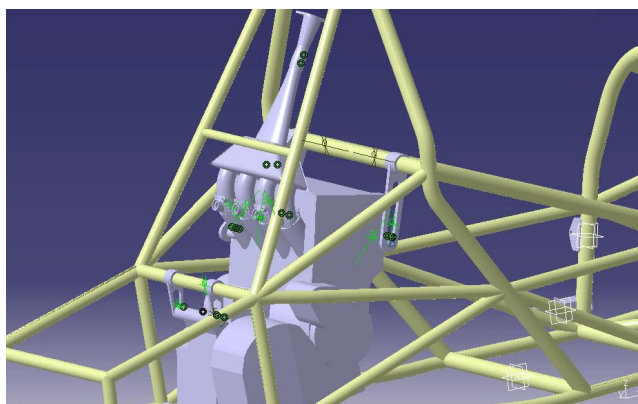


Fig. I.4. Motor i admissió muntats al xassís



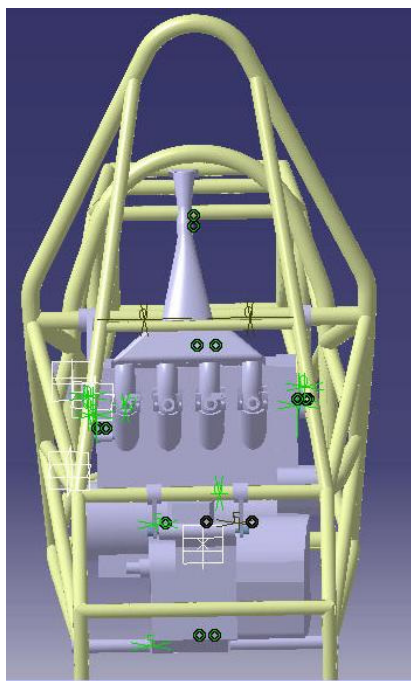


Fig. I.5. Vista posterior del motor en el xassís



Fig. I.6. Muntatge complet del CAT-01

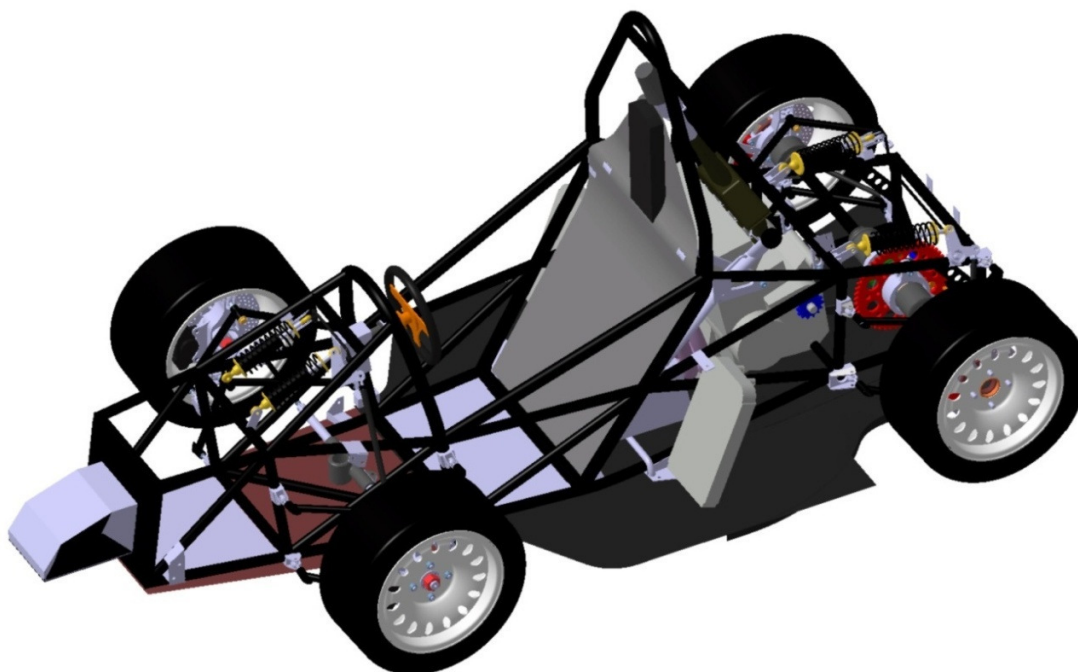


Fig. I.7. Muntatge intern del CAT-01



I.2. Fabricació i compra dels components



Fig. I.8. Motlles del col·lector d'admissió



Fig. I.9. Peces de l'admissió de fibra de carboni



Fig. I.10. Unió de les peces de l'admissió



Fig. I.11. Construcció del tub d'escapament



Fig. I.12. Tub d'escapament





Fig. I.13. Col·lector d'admissió



Fig. I.16. Motor



Fig. I.14. Soldar punts d'anclatge al xassís



Fig. I.15. Maqueta de fusta i estructura metàl·lica



Fig. I.17. Pintar l'estructura metàl·lica



I.3. Muntatge, set-up i proves



Fig. I.18. Tub d'escapament i motor



Fig. I.19. Rampa d'injectors i col·lector d'admissió

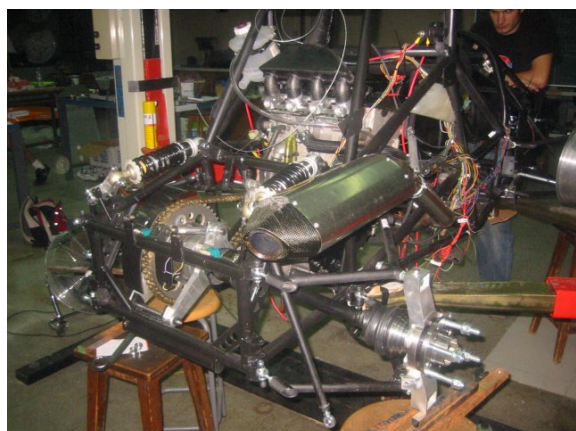


Fig. I.20. Tot el muntatge



Fig. I.21. Motor, escapament i admissió





Fig. I.22. Primeres proves d'encesa



Fig. I.23. Primeres proves de funcionament



Fig. I.24. Set-up del CAT-01; pesos, caigudes i alineació



I.4. Presentació



Fig. I.25. Dia de la presentació



Fig. I.26. Rafael Boronat presentant l'equip



Fig. I.27. Montmeló davant la premsa



Fig. I.28. Circuit de Catalunya



Fig. I.29. Presentació oficial a l'ETSEIB



I.5. Silverstone



Fig. I.30. Scrutineering



Fig. I.31. Noise test



Fig. I.32. Tilt test



Fig. I.33. Brake test



Fig. I.34. Sprint



Fig. I.35. Causa de la retirada



I.6. Hockenheim



Fig. I.36. Acceleració



Fig. I.37. Prova del vuit (Skid-Pad)



Fig. I.38. Endurance



Fig. I.39. Última volta del endurance



Fig. I.40. Final del endurance



Fig. I.41. Objectiu complet



J. MANTENIMENT

Aquest producte s'enfoca per tal de ser el màxim atractiu possible de cara al client, i això implica tenir un manteniment el més reduït possible.

El que requereix més manteniment periòdic és l'oli del motor i de la caixa de canvis que és el mateix, es recomana comprovar-ne el nivell almenys un cop per setmana amb un ús habitual i canviar-lo cada 5000 quilòmetres. En el cas que només s'utilitzi en poques ocasions s'ha de comprovar el nivell abans de posar el motor en marxa.

També es requereix un manteniment periòdic per al tub d'escapament i silenciador, que consisteix en netejar el carboni acumulat en aquestes parts i canviar les fibres del silenciador, aquestes es nota que estan deteriorades perquè cada cop el vehicle fa més soroll.

S'ha de revisar les bugies cada cop que es canviï l'oli del motor, i en el cas d'estar desgastades o deteriorades, canviar-les.

Aquests són els principals manteniments que s'haurien de fer al monoplaça, però per saber altres operacions de manteniment que s'han de realitzar i la manera en que s'han de realitzar, s'ha de mirar al manual de taller d'aquest motor [PHIL MATHER, *Suzuki GSX-R600, GSX-R750 and GSX-R1000 Service and Repair Manual*, Haynes, 2006].



K. PLÀNOLS

| Designació | Identificador | Conjunt |
|------------------------|---------------|------------------------|
| Brida d'admissió | 1 | Col·lector d'admissió |
| Dipòsit de combustible | 2 | Dipòsit de combustible |
| Motlle manifolds | 3 | Col·lector d'admissió |
| Motlle pulmó | 4 | Col·lector d'admissió |
| Col·lector d'admissió | 5 | Col·lector d'admissió |
| Suport d'injectors | 6 | Col·lector d'admissió |

Taula. K.1. Llistat de plànols

